

네트워크 에너지 효율향상을 고려한 File Sharing 기술 연구

윤정미*, 이상학**

A Study on File Sharing Mechanism for Network Energy Efficiency: Designing & Implementation Proxying System

Jung-Mee Yun*, Sang-Hak Lee**

요 약

최근 수행되는 연구들에 따르면, 인터넷 관련한 에너지 소비는 날이 갈수록 증가하고 있는 추세이며, 이미 우리 사회가 소비하고 있는 전체 에너지 소비량의 상당부분을 차지하고 있음을 알 수 있다. 이로 인해 현재 인터넷 프로토콜, 응용 프로그램 등의 개발에 있어서도 에너지 효율을 높일 수 있는 기법들이 중요한 연구이슈로 떠오르고 있다. 현재 네트워크에서 소비되는 에너지의 대부분은 개인용 PC나 데이터센터에서 발생하고 있으며, 특히 사용자 PC에서 소비되는 전력소비가 큰 비중을 차지하고 있다. 이에 본 논문에서는 사용자들이 P2P등 파일 다운로드 등을 목적으로 PC전원을 끄지 않고 있는 문제점에 착안, File sharing사용자들을 위한 서비스 품질은 그대로 유지하면서, 에너지 소비는 절감하기위한 File Sharing Proxying시스템을 기반으로 한 Green File Sharing아키텍처에 대해 기술하고자 한다. File sharing 사용자들로 하여금 다운로드 실행기능을 Proxy 시스템에 위임한 뒤 사용 중인 PC전원을 끄도록 함으로써, 에너지 소비효율을 향상시키는 기법이다. 특히 실험을 통해 Proxy 시스템을 기반으로 평균 파일공유시간을 획기적으로 줄이면서 에너지 소비효율을 50%이상 줄일 수 있음이 증명되었다.

Key Words : File sharing, Network efficiency, Proxying, Network Presence, Power Management.

ABSTRACT

Currently, studies have show that the network related energy consumption are increasing, and part of overall energy consumption of our society are too. So, that is important to look for energy-efficient network applications and protocols. A most of network energy consumption are due to network edge devices. in this paper, in order to cut down the emissions of carbon dioxide from ICT business, which contributes 2% of the global energy consumption, it is necessary to understand energy consumption in peer-to-peer system. In this paper, in this paper we propose a architecture based on the introduction of a p2p proxy. The model is analyzed analytically and numerically to reveal how these factors influence the overall power consumption in both steady state and flash crowd information exchange scenarios. Specifically, our results show that the proxy-based solution can provide up to 50% reduction in the energy consumption and, at the same time, a significant reduction in the average file download time.

* 교신저자, 전자부품연구원 RFID/USN 융합연구센터 (yunjm@keti.re.kr)

** 전자부품연구원 RFID/USN 융합연구센터

접수일자 : 2011년 4월 20일, 수정일자 : 2011 5월 15일, 심사완료일자 : 2000년 5월 31일

I. 서론

현재 미국 내 연간 전력소비량 중 시간당 74 TWh가 인터넷 관련 장비에 의해 사용되고 있는 실정이다. 기존 연구에 따르면 인터넷에 연결된 기기들의 전력을 관리해주는 것만으로도 이렇게 소비되는 에너지의 32%를 절약할 수 있다.[1,2,3] 인터넷 코어 네트워크에서의 에너지 절감방안은 이미 한계에 도달했기 때문에 현재는 데이터 센터나 개인용 PC와 같은 네트워크 에지(Network Edge)에서의 에너지 절감에 대한 연구가 활발히 진행 중이다.[4,5]

본 논문에서는 특히 PC레벨에서의 에너지 절감기법에 대해 논의하고자 한다. 영국 국립에너지재단이 발행한 PC 에너지 보고서에 따르면, 전체 PC의 21%가 밤 시간과 주말 동안에도 여전히 가동되고 있으며, 이로 인해 연간 1.5 TWh의 에너지 낭비(70만 톤의 CO2 발생 효과)가 발생하고 있는 것으로 나타났다.[9] 이는 중앙 집중식 전원 관리 솔루션을 사용하는 등의 방법으로 단순히 PC를 끄기만 하면 절약할 수 있는 에너지였다. 그럼에도 불구하고, 많은 사용자들이 PC를 의도적으로 켜두고 있으며—특히 가정용 PC—이는 P2P 파일공유 등을 위한 네트워크 파일 공유를 위한 것으로 나타났다.[10,11,12]

최근의 연구사례들에 의하면 인터넷 트래픽의 상당량(40~73%)이 파일공유다운로드에 의해 발생하는 것이며, 파일다운로드의 대표적인 P2P 프로토콜이 차지하는 비중이 50~75%인 것으로 나타났다. 이에 본 논문에서는 네트워크 에너지 소비효율 향상을 위해 File sharing, 특히 P2P 프로토콜에 중점을 두어 효율을 향상할 수 있는 방안에 대해 연구하도록 한다.

II. 관련연구

현재 PC에서 제공되는 전력관리 방안은 ACPI(Advanced Configuration and Power Interface)를 이용한 자동전원제어가 일반적이다. ACPI방식에서는 사용자의 입력이 없을 경우 저전

력의 대기모드로 전환하며, 사용자의 외부입력이나 네트워크 인터페이스를 통해 매직패킷을 받은 경우 깨어나는 방식으로 구현된다. 그러나 이 방식은 대기모드 진입시 기존에 연결된 네트워크 연결이 모두 끊어진다는 문제점이 있다.

네트워크 연결성을 보장하면서 시스템의 소비전력을 절감하기 위한 기존 연구기술로 Networked Standby 기술연구가 진행중이다. Networked Standby란 PC가 대기모드로 진입하더라도 네트워크상에서는 꺼져있는 것처럼 인식하기위한 프로토콜 기술을 말한다. 본 논문에서는 이를 P2P 파일 공유에 적용하여, 파일을 다운로드하고 관련된 일련의 오퍼레이션을 관리하는 역할을 저전력의 프락시시스템에 위임하고, 다운로드가 실행되는 동안 사용자 PC를 대기모드로 전환할 수 있는 시스템을 제안하고자 한다.

본 논문에서 제안하는 프락싱기술 기반의 솔루션은 'Green BitTorrent'와도 차별성이 있다. [13] 본논문에서는 레거시 BitTorrent 프로토콜을 변형하여, 다운로드 완료 후 어떤 업로드도 하지 않고 있는 peer 사용자들이 개인의 PC를 대기모드 상태로 만들어 에너지 절약을 꾀할 수 있도록 하고 있다. P2P Peer관점에서 보면 동일 네트워크상의 다른 peer 사용자들의 상태는 '연결', '대기모드', '알수 없음'중 하나가 될 것이다.

'Green BitTorrent'에서는 각 사용자의 PC에 WoL NIC가 장착되어 있다고 가정하고 있으며, Green BitTorrent 클라이언트컴퓨터가 레거시 클라이언트컴퓨터와 호환됨에도 불구하고, BitTorrent 프로토콜을 상당히 변형하여 사용하고 있다. 반면, 본 논문에서 제안하는 방법은 새로운 하드웨어를 사용할 필요가 없으며, 단순히 P2P프로토콜의 일부를 변경함으로써 적용할 수 있다.

III. P2P응용에서의 네트워크 에너지 효율향상기술

저전력 파일공유 시스템을 제안하기에 앞서, P2P표준 아키텍처 구조에 대해 알아보자. P2P는 파일공유를 위해 최적화된 비구조적 오버레이 네트워크를 구성한다. 오버레이 네트워크의 각 P2P

말단노드들을 ‘동등계층사용자(peer)’라 부르며, 특정 파일의 배포에 관여하는 동등계층사용자들을 모아놓은 집단을 스웜(swarm)이라 부른다.

<그림1>에서 볼 수 있듯이, scratch로부터 파일을 다운받기 원하는 tagged peer는 시스템으로부터 해당 ‘swarm 파일’을 받아야 한다. swarm은 일반적으로 기존의 웹서버를 호스트로 갖는 아주 작은 파일로서, 어떤 참여자가 파일 chunk를 얼마만큼 갖고 있는지를 지속적으로 트래킹하는 노드를 말하며, 이 swarm을 이용하여 파일을 트래킹하면 다운로드 받는다. 보다 구체적인 내용은 참조논문[15,16]를 참고하기 바란다.

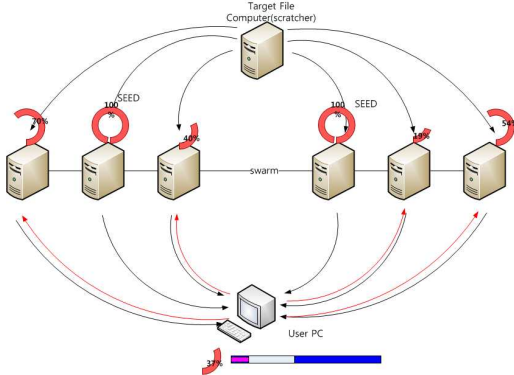


그림 1. P2P 파일 전송 구조
Fig. 1 structure of P2P file transfer

기존 P2P 파일공유시스템은 에너지 효율성이 그리 높지 않다. P2P 참여자들은 요청한 파일의 다운로드가 완료될 때까지 통상적으로 수 시간을 네트워크와 연결을 유지해야 한다. 파일 다운로드 시 소모되는 에너지를 절감하기위한 방법으로 간단히 컴퓨터를 끄는 방법이 있다. 그러나 사용자 컴퓨터를 끄면 다운로드 역시 중지되므로 다운로드 실행과 관련된 에너지를 절감할 수 있는 것은 아니다. 또한, 서로 콘텐츠는 공유하고 있지만 아무런 다운로드를 실행하고 있지 않은 컴퓨터들을 꺼두는 것 역시 효과적인 해결책은 아니다. 이 때 컴퓨터들을 꺼두게 되면 소속 Swarm의 전체적인 다운로드 성능이 떨어지기 때문이다.

이러한 문제점들을 극복하기 위해, 본 논문에서는 ‘Proxying기반의 저전력 P2P 아키텍처’를

제안하고자 한다. 저전력 P2P 아키텍처의 기본 원리는 P2P 컴퓨터 앞단에 프락시시스템이 위치하며, 대기모드 진입시 파일다운로드와 관련한 기능만을 대신해주는 구조로 구성된다.

프락시시스템은 기존의 P2P 네트워크에 참여하여, 프락시시스템이 대행하는 모든 PC의 다운로드 실행을 주관하게 된다. 다운로드가 일어나는 동안, PC가 대기모드로 전환되더라도 프락시 시스템에서 다운로드를 수행한다. 전체 P2P 네트워크에 대한 변형은 야기하지 않으면서, 프락시시스템은 또 하나의 표준형 P2P 시스템으로 동작하는 것이다.

본 논문에서 제안하는 아키텍처는 분리형 아키텍처에 속한다. peer컴퓨터와 프락시시스템을 이용한 P2P File sharing 시스템의 구성은 다음과 같다. 프락시컴퓨터 사이에 존재하는 아키텍처는 아래 그림 2와 같다.

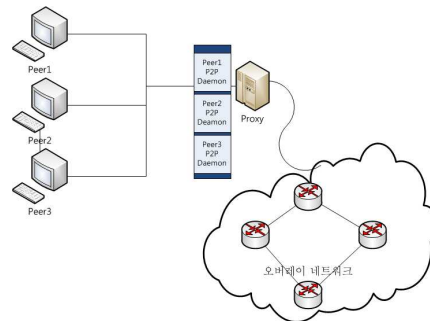


그림 2. 에너지기반 파일전송 구조
Fig. 2. Energy-aware File sharing

프락시시스템은 표준 P2P 프로토콜이 동작하며, 단지, 내부 네트워크에 존재하는 PC의 전력관리를 위해 P2P 데몬이 동작하고 있다. 프락시시스템은 내부 네트워크에 연결된 모든 P2P 사용자들이 요구하는 콘텐츠를 다운로드하는 역할을 수행한다.

P2P Daemon은 여러 클라이언트들로부터 들어오는 다운로드 요청들을 지속적으로 모니터링하며, 발생하는 다운로드요청들을 해석한다. P2P 사용자들은 P2P 네트워크에 존재하는 다른 사용자들과 공유하기 위한 목적으로 P2P 프락시시스템에 공유 콘텐츠를 업로드할 수 있는데, 프락시

시스템은 PC들이 공유할 모든 파일들을 대신 공유할 수 있도록 구성된다.

제안하는 아키텍처에 필요한 프로토콜은 매우 단순한 것이다. <그림 3>은 논문에서 제안하는 프락싱 프로토콜의 구조를 나타낸다.

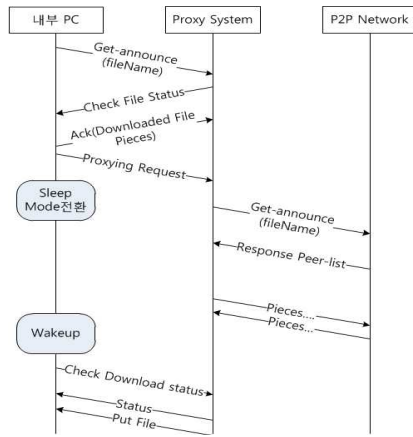


그림 3. Proxying 처리절차
fig. 3. Procedure of Proxying

먼저 사용자가 새로운 파일을 다운받기 원하면, 사용자 PC에서 동작하는 P2P 클라이언트는 인터넷에 존재하는 P2P 토렌트 서버로부터 토렌트 파일을 다운로드 받는다. 그리고 P2P 오버레이로부터 파일다운로드를 진행하며, 사용자 PC전원을 OFF하거나 대기모드로 전환하는 이벤트가 발생하면, 관련하여 진행된 정보들은 프락시시스템으로 전송한다.

먼저 파일다운로드와 관련한 토렌트파일을 프락시시스템으로 전송하고, 프락시시스템에서는 다운로드 받을 파일의 File Status를 확인한다. 다음으로, 사용자 PC에서 현재까지 다운로드 받은 파일을 프락시시스템으로 전송한다. 이후 PC는 저전력 모드로 전환한다.

이후, 파일다운로드와 관련한 진행은 프락시시스템에서 대행하며, 사용자 컴퓨터가 재부팅되면 사용자 PC의 P2P클라이언트는 이전에 프락시시스템에 요청되었던 파일의 다운로드 상태를 점검하고, 프락시 시스템에게 다운로드 상태를 업데이트하도록 요청한다.

IV. 실험평가

에너지 효율성 지표들을 평가하기 위해서는 사용자 PC와 프락시컴퓨터의 전원이 반드시 켜져 있어야 하는 경우에 대하여 여러 차례에 걸친 실험을 수행할 필요가 있다. 이를 위해, 본 논문에서는 특정 실험대상군을 선정하였으며 절대 에너지 효율지표 S와 상대 에너지 효율지표 DE를 통한 실험평가를 진행하였다.

실험환경은 LAN환경에서 복수개의 PC가 연결된 환경을 구성하여 진행하였다. 이 PC들을 이용하여 기존 P2P 시스템과 본 논문에서 제안한 P2P 프락싱 시스템에 대해 각각 실험을 수행하였다. 모든 실험용 PC는 리눅스 운영체제를 기반으로 하였으며, P2P 클라이언트로는 Rasterbar libtorrent가 있는 단순한 command-line client를 사용하였다.

기존 P2P 아키텍처와 프락싱기술 기반의 아키텍처 각각에 대하여 동일한 파일들을 다운로드하는 데 걸리는 시간 (및 다운로드 요소)을 측정해보았다. 각 실험 회차마다, 특정 개수(n개)의 파일이 다운로드 되도록 하였으며 하나의 PC에 한 번의 다운로드 동작을 설정하였다. 실험의 정확성을 높이기 위해, 동일한 실험을 여러 차례 반복해서 진행하였으며, 이 때 파일의 갯수는 n개로 동일하게 유지하였으나 파일의 종류는 다르게 하였다. 비교 가능한 통계치를 얻기 위해, 동일한 크기의 서비스 이용자들 사이에서 비슷한 인기를 가진 몇몇 파일들을 선택하였다. 파일크기는 5G 미만을 선정하였으며, 각각의 파일에 대해, 최초 seed의 갯수(즉, 이미 전체 파일을 가지고 있는 peer들의 수)는 100개에서 1,000개 사이가 되도록 하였다. 유사한 실험 환경을 만들어주기 위해, (프락시컴퓨터가 존재하는 실험군과 그렇지 않은 실험군 모두) 사용된 PC들은 Interleave 방식을 채택하도록 하여 서로 비슷한 인터넷 트래픽 상황과 비슷한 수의 peer들을 갖도록 설정하였다.

표 1은 내부 네트워크의 PC수에 따른 프락싱 시간을 측정할 결과이다. 표에서 보는바와 같이 내부에 존재하는 PC수가 많아질수록 에너지 효

율은 향상됨을 알 수 있다. 또한 현재 실험환경에서는 PC중 하나를 프락싱 시스템으로 사용하였으나, 추후 저전력 플랫폼으로 시스템을 변경할 경우 에너지 절감효과는 더욱 확대될 것이다.

표 1. 효율성 측정결과
Table. result of energy efficiency
단위: Wh

PeerPC수	프락싱 시간	
	4시간	8시간
1	10	40
2	20	80
3	30	120
4	40	160

사용자가 인식하는 서비스 품질, 즉 파일 다운로드 시간에 대하여 P2P 프락시컴퓨터가 어떤 영향을 끼치는지에 대하여 살펴보았다.

실험환경은 n개의 파일을 병렬로 다운로드하는데 걸리는 시간을 기존 P2P 아키텍처와 프락싱 기술 기반의 아키텍처에 대하여 각각 측정하여 진행하였다. 그림 4는 동일한 파일에 대하여 병렬 파일 다운로드의 수를 늘렸을 때 다운로드에 걸리는 평균시간을 분석한 결과이다.

실험결과, 다운로드 시간 증가없이, 프락싱 시스템을 적용할 수 있음을 확인할 수 있었다. 이는 프락시컴퓨터에서 동작하는 P2P 클라이언트는 오버레이 네트워크를 통해 기존 아키텍처의 클라이언트보다 더 많은 수의 파일을 공유할 수 있고, 따라서 더 높은 대역폭을 얻을 수 있기 때문이다. 프락싱 기반의 아키텍처를 사용했을 때 얻을 수 있는 평균 이득을 정량적으로 나타내기 위해, 매 실험마다 하나의 파일을 다운로드하는 데 걸리는 평균 시간을 계산해보았다. 그 결과, P2P 프락시컴퓨터를 이용할 경우에는 10.9 시간, 레거시 P2P를 이용할 경우 11.2 시간이 걸림을 확인할 수 있었다. 이는 곧 P2P 프락시컴퓨터를 이용할 때 평균적으로 약 12%의 다운로드 시간 단축 효과를 얻을 수 있음을 뜻한다.

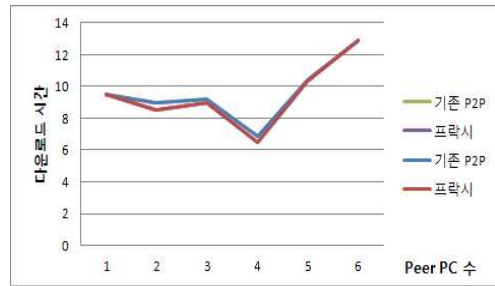


그림4. 다운로드 시간 분석
fig. 4. analysis of download time

V. 결론

본 논문에서는 P2P를 통한 파일 다운로드를 할 때 사용자들이 PC의 전원을 그대로 켜둔다는 문제를 해결하고, 에너지 절감을 위한 하나의 메커니즘을 구현하고자 하는 것이다. 문제는 지속적인 연결성 확보를 위한 요구사항들에 어떻게 대처할 것이냐 하는 점이다. 이러한 문제를 해결하기 위해서, 파일 다운로드를 프락시컴퓨터에게 위임하는 프락싱기술 기반의 P2P 아키텍처를 제안하는 바이다. 본 연구의 목표는 P2P 파일 다운로드를 수행하는데 있어, 파일 다운로드시간 증가를 유발하지 않으면서 사용자 PC가 소모하는 에너지를 절감하는 데 있다.

실험 결과, 프락싱기술 기반의 아키텍처를 사용하는 경우 레거시 아키텍처에 비해 최고 50% 까지 사용자 PC가 소모하는 에너지를 절감할 수 있음을 증명하였다. 에너지 효율성 관점에서 볼 때, 제안한 아키텍처가 에너지 절감측면에서 효과적이라는 것을 증명한다.

또한, P2P 프락시컴퓨터 사용으로 인하여 오히려, P2P 오버레이 네트워크를 통해 프락시컴퓨터가 공유하는 파일의 수가 단일 PC가 공유하는 파일의 수보다도 많아, 평균적인 파일 다운로드 시간을 약 12% 단축시키는 효과를 얻을 수 있었다.

후 기

본 연구는 2011년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아

수행한 연구 과제입니다.(2010203020031)

참 고 문 헌

[1] P.Mahadevan, P.Sharma, et al., "Energy Aware Network Operations", INFOCOM Workshops 2009, pp.1-6, April 2009

[2] J.Koomey, M.Cramer, et al., "Efficiency Improvements in U.S. Office Equipment: Expected Policy Impacts and Uncertainties," Energy Policy, Vol.24, pp.1101-1110, December 1996

[3] G.Newsham, D.Tiller, "The Energy Consumption of Desktop Computers: Measurement and Savings Potential", IEEE Transactions on Industry Applications, Vol.30, Jul/Aug 1994

[4] B. Nordman, B. Piette, K. Kinney, "Measured Energy Savings and Performance of Power-Managed Personal Computers and Monitors", American Council for an Energy Efficient Economy Summer Study, Aug 1996

[5] S.Carl-Mitchell, J.S.Quarterman, "Using ARP to Implement Transparent Subnet Gateways", RFC 1027, October 1987

[6] E.Jones, "EPA Announces New Computer Efficiency Requirements", EPA Newsroom, Release date: October 23, 2006

[7] K.Fall, "A Delay-Tolerant Network Architecture for Challenged Internets," Proceedings of ACM SIGCOMM, pp. 27-34, August 2003

[8] J.Blackburn, K.Christensen, "A Simulation Study of a new Green BitTorrent", IEEE International Conference on ICC Workshops 2009. pp. 1-6, June 2009

[9] H.Balakrishnan, M.F.Kaashoek, et al., "Looking up data in P2P systems",

Magazine Communications of the ACM, vol.46, Feb 2003

[10] J.Pouwelse, P.Garbacki, et al., "The Bittorrent P2P File-Sharing System: Measurements and Analysis", LNCS 2005, vol.3640, pp.205-216, 2005

저자약력

윤 정 미(Jung-Mee Yun)

정회원



1996년 성균관대학교 정보공학과
학사졸업
2001년 성균관대학교 컴퓨터공학과
공학석사
2007년 성균관대학교 컴퓨터공학과
박사수료
2000년~현재 전자부품연구원

<관심분야> Network Protocol, WPAN, RFID

이 상 학(Sang-Hak Lee)

정회원



1993년 전주대학교 수학과
학사졸업
1997년 경희대학교 컴퓨터공학과
공학석사
2005년 경희대학교 컴퓨터공학과
공학박사
2000년~현재 전자부품연구원

<관심분야> USN, RFID, Combinatorial Optimization